

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-23920

(P2001-23920A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001.1.26)

(51) IntCl<sup>7</sup>

識別記号

F I

キーワード(参考)

H 0 1 L 21/268

H 0 1 L 21/268

J 4 E 0 6 8

B 2 3 K 26/06

B 2 3 K 26/06

J 5 F 0 5 2

26/08

26/08

F

H 0 1 L 21/20

H 0 1 L 21/20

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-194996

(22) 出願日

平成11年7月8日 (1999.7.8)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山崎 和則

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重

機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100077919

弁理士 井上 義雄 (外1名)

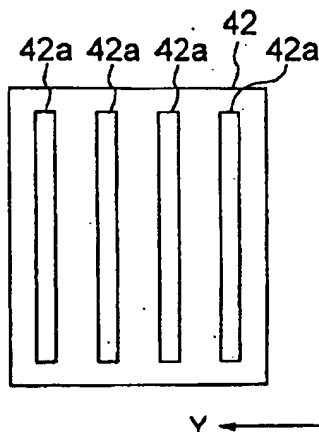
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】 複数のレーザ光源を組み合わせた場合にも、効率的に加工光を照射することができ、精度の高い加工を可能にするレーザ加工装置。

【解決手段】 合成光学系30は、ナイフエッジミラー31、32からなり、第1ビームLB1を一对のナイフエッジ31a、32a間に通過させるとともに第2ビームLB2を一对のナイフエッジ31a、32aによって分割する。ダイバージェンス光学系71は第1ビームLB1についてホモジナイザ41による結像位置を微調整する。テレスコープ光学系72は、第2ビームLB2のビームサイズを第1ビームLB1のビームサイズと一致させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の異なる光源からの一対の照射光をそれぞれ略同一サイズのビームとしてマスクに重畳して照射するビーム形成装置と、ワークを載置するステージと、

前記マスクの像を前記ステージ上のワークに投影する投影光学系と、

前記マスクと前記ワークとを相対的に移動させる走査手段と、を備えるレーザ加工装置。

【請求項2】 前記マスクは、スリットを有し、前記走査手段は、前記マスクを前記投影光学系に対して移動させることを特徴とする請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項3】 前記ビーム形成装置は、前記マスクが配置される所定面上の矩形の領域に前記一対の照射光をそれぞれ入射させることを特徴とする請求項1記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、照射光を所望のビーム形状で対象面に入射させるためのビーム形成装置を用いたレーザ加工装置に関するものであり、特にアニーリング装置、表面改質装置等に応用して好適である。

【0002】

【従来の技術】例えばアモルファスSi膜を多結晶化するレーザアニーリング装置は、アモルファスSi膜を形成した基板上にアニーリング光を照射させるためのビーム整形装置として、ホモジナイザと呼ばれる光学系を備える。特に、レーザアニーリング装置が線状のレーザビームを基板上で短軸方向に1軸スキャン照射するスキャンタイプのものである場合、矩形ビームから線条ビームを形成する線条ビームホモジナイザが用られる。

【0003】

【解決しようとする課題】しかし、上記のようなレーザアニーリング装置では、単一の光源を使用していたため、レーザ光源の特性に依存した加工光を照射せざるを得なかった。ここで、加工光の特性を多様に設定するためには、複数のレーザ光源を組み合わせることが考えられる。

【0004】例えば一対のレーザ光源を組み合わせることで合成光を得る場合、ホモジナイザに入射させる前に、偏光ビームスプリッタを用いて一対の光源からの2本のビームを重ね合わせることが考えられる。このような構成をとった場合、例えば一方の光源からの第1ビームのうちp偏光成分が偏光ビームスプリッタの合成面を透過してホモジナイザに入射すると考えると、他方の光源からの第2ビームのうちs偏光成分が、この合成面で反射されてホモジナイザに入射することになる。つまり、第1ビームのs偏光成分と第2ビームのp偏光成分とはホモジナイザに入射せず、これらの偏光成分は使用されずロスされることになる。

【0005】そこで、本発明は、複数のレーザ光源を組み合わせる場合にも、効率的に加工光を照射することができ、精度の高い加工を可能にするレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明のレーザ加工装置は、一対の異なる光源からの一対の照射光をそれぞれ略同一サイズのビームとしてマスクに重畳して照射するビーム形成装置と、ワークを載置するステージと、マスクの像をステージ上のワークに投影する投影光学系と、マスクとワークとを相対的に移動させる走査手段とを備える。

【0007】この装置では、ビーム形成装置が一対の異なる光源からの一対の照射光をそれぞれ略同一サイズのビームとしてマスクに重畳して照射するので、加工光の特性を多様に設定することができ、加工光の生成に際してのロスも少ない。

【0008】また、上記装置の好ましい態様では、マスクが、所定方向に延びるスリットを有し、走査手段が、マスクを投影光学系に対して例えば所定方向と直交する方向に移動させる。

【0009】この場合、マスクによって簡易に線条ビームを形成することができ、スリットの移動によってこの線条ビームをワーク上で走査することができる。

【0010】また、上記装置の好ましい態様では、ビーム形成装置が、マスクが配置される所定面上の矩形の領域に一対の照射光をそれぞれ入射させる。

【0011】この場合、矩形のマスクを均一かつ効率的に照明することができ、かかるマスクに形成されたパターンをワーク上に均一に投影することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

【0013】〔第1実施形態〕図1は、本発明の第1実施形態に係るレーザ加工装置であるレーザアニール装置の構造を説明する図である。このレーザアニール装置は、アモルファス状Si等の半導体薄膜を表面上に形成したガラス板であるワークWを載置して3次元的に滑らかに移動可能なステージ10と、一対の特性の異なるレーザビームLB1、LB2をそれぞれ発生する一対のレーザ光源21、22と、これらのレーザビームLB1、LB2を合成する合成光学系30と、合成光学系30によって合成された合成光CLを線条ビームABにして所定の照度でワークW上に入射させる照射光学系40と、照射光学系40中に設けたマスクを移動させてワーク上に投射した線条ビームABをワークW上で走査させる走査手段であるマスク駆動装置50と、ワークWを載置したステージ10を照射光学系40等に対して必要量だけ適宜移動させるステージ駆動装置60と、レーザアニール装置全体の各部の動作を統括的に制御する主制御装置100とを備える。

【0014】一対のレーザ光源21、22は、ともにワークW上の半導体薄膜を加熱するためのエキシマレーザその他のパルス光源であり、発光時間やピーク強度、或いは波長等の特性が互いに異なる一対のレーザビームLB1、LB2をそれぞれ個別に発生する。

【0015】合成光学系30は、両レーザ光源21、22からの一対のレーザビームLB1、LB2を空間的に縫ぎ合わせて合成光CLを形成するためのもので、一対の平行に配置されたナイフエッジミラー31、32からなる。なお、合成光学系30と両レーザ光源21、22との間には、それぞれダイバージェンス光学系71とテレスコープ光学系72とを調整装置として設けている。ダイバージェンス光学系71は、レーザ光源21からの第1ビームLB1について、照射光学系40に設けたホモジナイザ41による光軸方向結像位置（ビーム形成位置）を微調整する調整光学系としての役割を有する。テレスコープ光学系72は、レーザ光源22からの第2ビームLB2について、そのビームサイズを調節して合成光学系30に入射する第1ビームLB1のビームサイズと一致させるアフォーカル光学系としての役割を有する。

【0016】図2は、合成光学系30によって形成される合成光CLを説明する図である。合成光学系30は、レーザ光源21からの第1ビームLB1を、照射光学系40の入射瞳Pのうち光軸OAを含む中央側瞳領域CAに入射させる。また、合成光学系30は、レーザ光源22からの第2ビームLB2を、2つに分割し、照射光学系40の入射瞳Pのうち中央側瞳領域CAの両端に設けた一対の外側瞳領域SA1、SA2にそれぞれ入射させる。

【0017】図1に戻って、照射光学系40は、合成光学系30からの合成光CLを一旦複数に分割するとともにこれらの分割光を矩形のビームにして所定面上に重畳して均一に入射させるホモジナイザ41と、スリット状の透過パターンを有するとともに、所定面上に配置されて合成光CLを遮るマスク42と、マスク42に形成された透過パターンを線条ビームABとしてワークW上に縮小投影する投影レンズ43とを備える。

【0018】図3は、マスク42に形成された透過パターンを説明する図である。図からも明らかなように、マスク42には、透過パターンとして例えばX方向に延びる複数のスリット42aが形成されている。マスク42が図1のマスク駆動装置50に駆動されてY方向に滑らかに移動すると、ワークW上に投影されてX方向に延びる線条ビーム（スリット像）ABは、その長手方向に直交するY方向に走査される。なお、かかる走査に際してマスク42をY方向に移動させる量は、これらスリット42a設ける周期距離とする。

【0019】図1に戻って、ステージ駆動装置60は、ステージ10を駆動してワークW上の所定領域を照射光

学系40に対して位置合わせするアライメントを行う。また、ステージ駆動装置60は、マスク駆動装置50によって線条ビームABがワークW上の所定領域で走査されて所定領域のレーザアニールが終了した段階で、ワークWを上記の所定領域に隣接する領域にステップ移動させるアライメントを行う。なお、ステージ駆動装置60によるステージ10の駆動量は、位置検出装置80によって常時監視されている。

【0020】以下、図1の装置の動作について説明する。まず、レーザアニール装置のステージ10上にワークWを搬送して載置する。次に、照射光学系40に対してステージ10上のワークWをアライメントする。次に、照射光学系40のマスク42を移動させながら、一対のレーザ光源21、22から得た合成光CLを線条ビームABにしてワークW上の所定領域に入射させる。ワークW上には、非晶質半導体のアモルファスSi等の薄膜が形成されており、線条ビームABの照射及び走査によって半導体の所定領域がアニール、再結晶化され、電気的特性の優れた半導体薄膜を提供することができる。以上のようなレーザアニールは、ワークWに設けた複数の所定領域で繰返され、ワークWに設けた複数の所定領域で半導体薄膜がアニールされる。

【0021】この際、上記装置では、合成光学系30が一対のレーザ光源21、22からの一対のレーザビームLB1、LB2を空間的に縫ぎ合わせて合成光CLを形成するので、一対のレーザビームLB1、LB2をロスを最小限に抑えて合成することができ、合成後は、ホモジナイザ41によって一対のレーザビームLB1、LB2について均一な矩形ビームをそれぞれ所定面であるマスク42上に形成することができる。さらに、ワークW上に入射する線条ビームABは、レーザビームLB1、LB2を効率的に合成したものであり、多様なレーザアニールが可能になる。

【0022】図4は、合成光学系30及びその周辺の構造を説明する図である。既に説明したように、合成光学系30は、一対のナイフエッジミラー31、32からなり、第1ビームLB1を一対のナイフエッジ31a、32a間に通過させるとともに第2ビームLB2を一対のナイフエッジ31a、32aによって分割する。第1ビームLB1についてホモジナイザ41による結像位置を微調整するダイバージェンス光学系71は、凸レンズ71aと凹レンズ71bとを組み合わせたアフォーカル系となっている。第2ビームLB2のビームサイズを第1ビームLB1のビームサイズと一致させるテレスコープ光学系72も、凹レンズ72aと凸レンズ72bとを組み合わせたアフォーカル系となっている。テレスコープ光学系72と合成光学系30の間には、ターンミラー33を設けて第2ビームLB2を案内している。一方、両レーザビームLB1、LB2を合成した合成光CLが入射するホモジナイザ41は、第1～第4シリンドリカル

レンズアレイCA1~CA4と、凸レンズのコンデンサレンズ41aとからなる。ここで、第1及び第3シリンドリカルレンズアレイCA1、CA3は、紙面に平行な断面に曲率を有し、第2及び第4シリンドリカルレンズアレイCA2、CA4は、紙面に垂直で光軸を含む断面に曲率を有する。

【0023】以下、動作の概要について説明する。第1ビームLB1は、ナイフエッジ31a、32a間、すなわちホモジナイザ41の光軸OAを含む中央側領域を通り、第2ビームLB2は、ナイフエッジミラー31、32によって2つに分割されて第1ビームLB1の両端、すなわちホモジナイザ41の一对の外側領域を通過して、それぞれホモジナイザ41に入射する。ホモジナイザ41は、合成光CLが入射できるようにビーム2つ分の入射瞳のサイズにしてあり、コンデンサレンズ41a等のレンズ系はその入射瞳に合わせて収差補正がされている。

【0024】ホモジナイザ41に入射した合成光CLは、第1~第4シリンドリカルレンズアレイCA1~CA4によって、シリンドリカルレンズを構成するセグメント数に分割された2次光源を形成する。分割された2次光源からの光ビームは、コンデンサレンズ41aに入射し、コンデンサレンズ41aのバックフォーカス位置に配置された被照射面ISで重ね合わされて均一な矩形ビームを形成する。

【0025】ここで、ダイバージェンス光学系71やテレスコープ光学系72は、第1ビームLB1と第2ビームLB2のビーム特性やその相違等に起因して、ホモジナイザ41によって形成される矩形ビームについてフォーカス位置の違いやビームサイズの違い、さらにユニフォーミティの違いが生じてしまうことを防止している。

【0026】前者のダイバージェンス光学系71は、ホモジナイザ41に入射する第1ビームLB1のNAを僅かに変えてホモジナイザ41によるベストフォーカス位置及びビームサイズを調整する。後者のテレスコープ光学系72は、ホモジナイザ41に入射する第1ビームLB1のビームサイズに第2ビームLB2のビームサイズを一致させる。これにより、両レーザビームLB1、LB2について、シリンドリカルレンズアレイCA1~CA4による分割数を一致させて同様のユニフォーミティを得ることができる。

【0027】以下、動作の詳細について説明する。第1ビームLB1は、図示していないビームデリバリー（ターンミラー等）を経て第1ビーム用のダイバージェンス光学系71に入射する。このダイバージェンス光学系71は、ほぼ等倍のアフォーカル系であり、2つのレンズ71a、71bのレンズ間距離を変えることにより、このダイバージェンス光学系71から出射する第1ビームLB1のビームサイズをほとんど変えることなく、この第1ビームLB1のNAを僅かに変えることができる。具

体的な実施例では、ダイバージェンス光学系71による出射NA（第1ビームLB1の広がり角）の可変調節範囲を数mrad程度とした。なお、2枚のレンズ71a、71bは凸凹の2群系であり、各々のパワーも小さいため、両レンズ71a、71bの間隔を変えても収差の変化はほとんど生じない。

【0028】ダイバージェンス光学系71を出射した第1ビームLB1は、2枚のナイフエッジミラー31、32の間、すなわちホモジナイザ41の光軸中心側を通過するのみである。ナイフエッジミラー31、32間を通過した第1ビームLB1は、その後ホモジナイザ41のシリンドリカルレンズアレイCA1の中央部（第1ビームLB1に割り当てられたシリンドリカルレンズ）に入射し、シリンドリカルレンズの個数（図4では6本）に分割される。分割された各ビームは、コンデンサレンズ41aにより重ね合わされて被照射面ISで均一ビームを形成する。

【0029】一方、第2ビームLB2は、図示していないビームデリバリーを経て第2ビーム用のテレスコープ光学系72に入射する。このテレスコープ光学系72に入射した第2ビームLB2は、本光学系で拡大または縮小されて第1ビームLB1と同一のビームサイズとなってここから出射して合成光学系30に向かう。合成光学系30では、ナイフエッジミラー31、32によって第2ビームLB2が2つのビーム部分LB2a、LB2bに分割され、それぞれ第1ビームLB1の両端を通過してホモジナイザ41へと向かう。両ビーム部分LB2a、LB2bは、ホモジナイザ41の光軸中心の外側、すなわちホモジナイザ41のシリンドリカルレンズアレイCA1の両端部（第2ビームLB2に割り当てられたシリンドリカルレンズ）に入射し、シリンドリカルレンズの個数（図4では上下3本ずつの計6本）に分割される。分割された各ビームは、コンデンサレンズ41aにより重ね合わせられて被照射面ISで均一ビームを形成する。

【0030】以上の説明では、第1ビームLB1及び第2ビームLB2共に「被照射面ISで均一ビームを形成する」と記したが、実は両者のベストフォーカス位置は、主に光源から出射するビームの広がり角等の特性の違いにより異なることがある。また、このようにベストフォーカスが異なっている場合、ビームサイズも異なっていることが多い。したがって、第1ビームLB1及び第2ビームLB2の特性の差を補償する必要がある。このため、第2ビームLB2のベストフォーカス位置を真の被照射面IS（基準面）として、この基準面に第1ビームLB1のベストフォーカス位置を一致させる。具体的には、ダイバージェンス光学系71により第1ビームLB1の出射NA、すなわちホモジナイザ41から見た場合の入射NAを変える。ホモジナイザ41から見た入射NAを変更すると、それに応じてホモジナイザ41通過後のベストフォーカス位置が変わる。これにより、第

1ビームL B1のベストフォーカス位置を微調し、第2ビームL B2のそれに一致させることができる。なお、ホモジナイザ41のレンズ構成によって出射NAとベストフォーカス位置のずれとの対応は異なるのでかかる調整の詳細な説明は省略する。

【0031】〔第2実施形態〕以下、第2実施形態のレーザ加工装置について説明する。第2実施形態の装置は、第1実施形態の装置の一部として組み込まれたビーム形成装置を変形したものであり、同一部分には同一の符号を付して重複説明を省略する。図5は、ビーム形成装置の要部を説明する図である。このビーム形成装置は、第1実施形態の図4に対応するものであるが、同図において第1ビームL B1の光路中に配置されているダイバージェンス光学系71を除いた構成となっている。

【0032】この場合、テレスコープ光学系72を構成する一対のレンズ72a、72bのレンズ間隔を変えることにより、ホモジナイザ41に入射する第2ビームL B2のNAを微妙に変えることができる。この実施形態では、テレスコープ光学系72が、図4の第1ビーム用のダイバージェンス光学系71の役割、すなわち第1ビームL B1と第2ビームL B2とのフォーカス位置の調整も行う。

【0033】〔第3実施形態〕以下、第3実施形態のレーザ加工装置について説明する。第3実施形態の装置は、第1実施形態の装置の一部を変形したものである。図6は、第3実施形態のレーザ加工装置を構成するビーム形成装置の要部を説明する図である。このビーム形成装置は、第1実施形態の図4に対応するものであるが、同図において第2ビームL B2中に配置されているテレスコープ光学系72を除いた構成となっている。

【0034】使用する2つのレーザビームL B1、L B2のビームサイズがほとんど同じ場合、ビームサイズを一致させるための図4に示すようなテレスコープ光学系72を配置する必要がなくなる。また、使用する2つのレーザビームL B1、L B2のビームサイズが異なってもよい用途の場合も、図4に示すようなテレスコープ光学系72は不要となる。

【0035】〔第4実施形態〕以下、第4実施形態のレーザ加工装置について説明する。第4実施形態の装置は、第1実施形態の装置の一部を変形したものである。図7は、第4実施形態のビーム形成装置を構成するビーム形成装置の要部を説明する図である。このビーム形成装置では、分割光学系130として、一対のナイフエッジミラーの代わりにナイフエッジプリズム135を用いる。ホモジナイザ41通過後のビームの均一性に関して対称性等が問題にならない場合、本実施形態のようにナイフエッジプリズム135のナイフエッジ部135aを利用して、ホモジナイザ41の光軸OAから上側に第1ビームL B1を入射させ、ホモジナイザ41の光軸OAから下側に第2ビームL B2を入射させる。つまり、両

レーザビームL B1、L B2を単に並べて配置しただけのものとするができる。なお、第1ビームL B1と第2ビームL B2とを対向する方向からナイフエッジプリズム135に入射させるためのビームデリバリーについては図示を省略している。

【0036】〔第5実施形態〕以下、第5実施形態のレーザ加工装置について説明する。第5実施形態の装置は、第1実施形態の装置の一部を変形したものである。図8は、第5実施形態のレーザ加工装置を構成するビーム形成装置の要部を説明する図である。このビーム形成装置では、分割光学系230として、一対のナイフエッジミラー131、132のナイフエッジ部131a、132a同士を突き合わせるようにしたものを用いる。

【0037】以上、実施形態に即してこの発明を説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態では、ダイバージェンス光学系71やテレスコープ光学系72が球面系であるように説明したが、X軸若しくはY軸に直交する断面の一方に作用するシリンドリカルレンズ系とすることができる。シリンドリカルレンズ系とした場合は、より重要な断面に注目して、その断面でのフォーカス調整を行うことになる。通常のエキシマレーザの場合、電極方向とそれに直行する方向とでは拡がり角等のビーム特性が異なり、一方の断面に注目してシリンドリカル系を配置することが多い。さらに、両断面のベストフォーカスを個別に一致させるために、シリンドリカルレンズ系で構成したダイバージェンス光学系やテレスコープ光学系を直交する断面ごとに個別に配置しても良い。

【0038】また、上記実施形態の照射光学系40は、ホモジナイザ41によってマスク42を照明し、マスク42の像を投影レンズ43に照射することとしたが、ホモジナイザ41の被照射面ISに直接ワークWを配置することもできる。

【0039】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のレーザ加工装置によれば、ビーム形成装置が一対の異なる光源からの一対の照射光をそれぞれ略同一サイズのビームとしてマスクに重畳して照射するので、加工光の特性を多様に設定することができ、加工光の生成に際してのロスも少ない。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のレーザアニール装置の構造を示す図である。

【図2】図1の合成光学系によって形成される合成光を説明する図である。

【図3】照射光学系を構成するマスクの透過パターンを説明する図である。

【図4】合成光学系30及びその周辺の詳細な構造を説明する図である。

【図5】第2実施形態のビーム形成装置の要部を説明す

る図である。

【図6】第3実施形態のビーム形成装置の要部を説明する図である。

【図7】第4実施形態のビーム形成装置の要部を説明する図である。

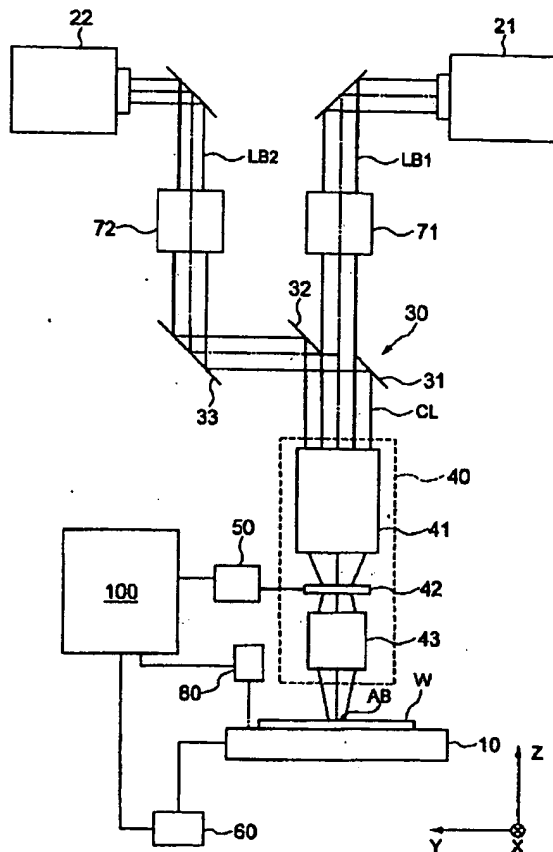
【図8】第5実施形態のビーム形成装置の要部を説明する図である。

【符号の説明】

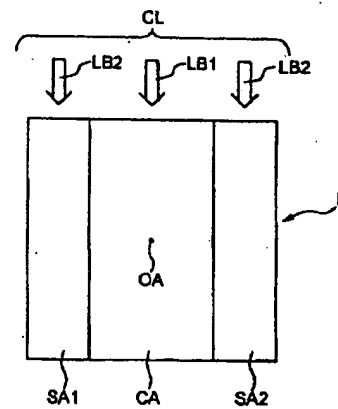
10 ステージ  
21, 22 レーザ光源  
30 合成光学系  
31, 32 ナイフエッジミラー  
40 照射光学系  
41 ホモジナイザ  
42 マスク  
43 投影レンズ  
50 マスク駆動装置  
60 ステージ駆動装置  
71 ダイバージェンス光学系  
71a, 71b レンズ  
72 テレスコープ光学系  
72a, 72b レンズ  
80 位置検出装置  
100 主制御装置  
AB 線条ビーム  
CL 合成光  
LB1 第1ビーム  
LB2 第2ビーム  
W ワーク

43 投影レンズ  
50 マスク駆動装置  
60 ステージ駆動装置  
71 ダイバージェンス光学系  
71a, 71b レンズ  
72 テレスコープ光学系  
72a, 72b レンズ  
80 位置検出装置  
100 主制御装置  
AB 線条ビーム  
CL 合成光  
LB1 第1ビーム  
LB2 第2ビーム  
W ワーク

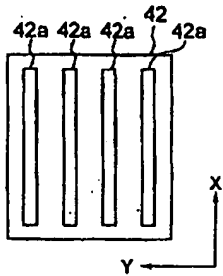
【図1】



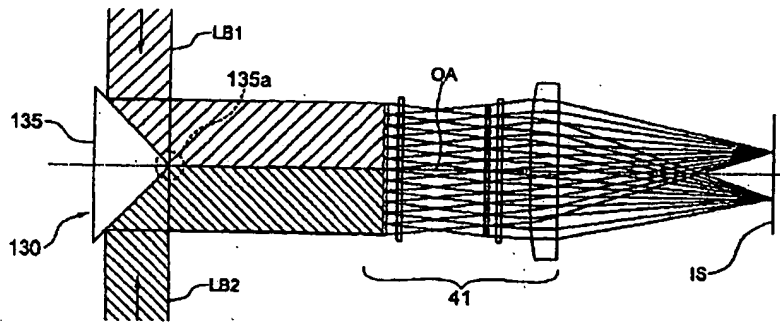
【図2】



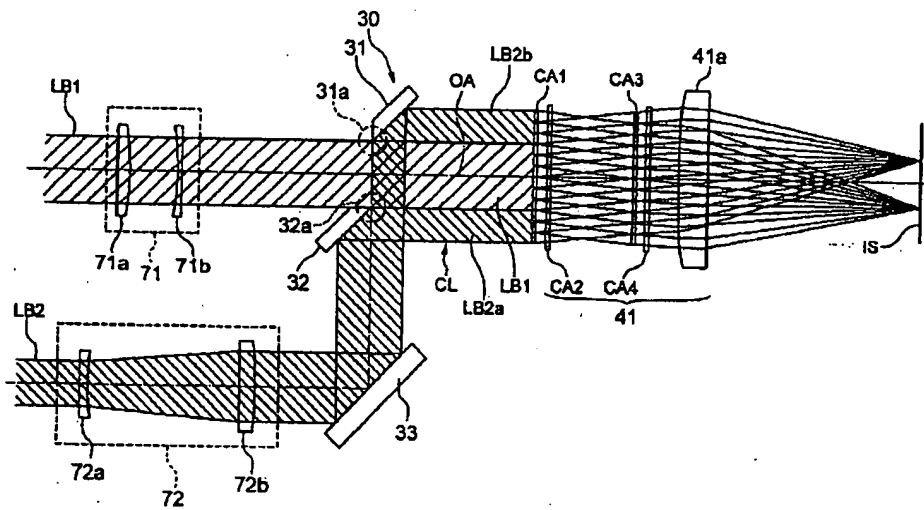
【図3】



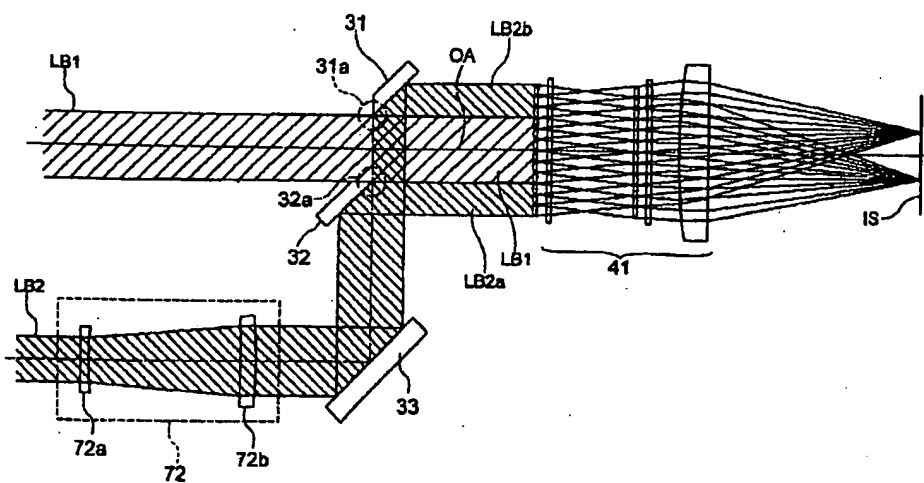
【図7】



【図4】



【図5】



【図6】